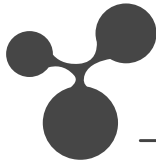


Technische Universität Dresden – Fakultät Informatik
Professur für Multimedialechnik, Privat-Dozentur für Angewandte Informatik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Meißner
PD Dr.-Ing. habil. Martin Englien
(Hrsg.)



GENeME '11

GEMEINSCHAFTEN IN NEUEN MEDIEN

an der
Fakultät Informatik der Technischen Universität Dresden

mit Unterstützung der

3m5. Media GmbH, Dresden
Communardo Software GmbH, Dresden
GI-Regionalgruppe, Dresden
FERCHAU Engineering GmbH, Dresden
IBM, Dresden
itsax.de | pludoni GmbH, Dresden
Kontext E GmbH, Dresden
objectFab GmbH, Dresden
queo GmbH, Dresden
Robotron Datenbank-Software GmbH, Dresden
SALT Solutions GmbH, Dresden
SAP AG, Research Center Dresden
Saxonia Systems AG, Dresden
T-Systems Multimedia Solutions GmbH, Dresden
Transinsight GmbH, Dresden
xima media GmbH, Dresden

am 07. und 08. September 2011 in Dresden

www.geneme.de
info@geneme.de

B.9 Entstehungs- und Verwendungskontexte von 3D-CAD-Modellen in den Geschichtswissenschaften

Sander Münster

Technische Universität Dresden, Medienzentrum

1 Der Untersuchungsgegenstand

Die Rekonstruktion historischer Architektur mittels 3D-CAD-Modellierung gewann als Methode zur Vermittlung und Forschung in den Geschichtswissenschaften¹ in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung. Die Techniken und Methoden des *Computer Aided Designs (CAD)* sind dabei den Ingenieurwissenschaften entlehnt und dienen dort dem computergestützten Entwurf sowie der Konstruktion. Trotz Parallelen zwischen dem dortigen Entwurf und einer geschichtswissenschaftlichen Rekonstruktion im Sinne einer Transformation von Ideen zu digitalen Modellen [1], bestehen einige wesentliche Unterschiede. Anders als die Ingenieurwissenschaften existiert in den Geschichtswissenschaften tendenziell wenig Erfahrung mit digitaler Modell- und Bildgenese [2]. Im Umkehrschluss stellen Quellen eine unvollständige, subjektive und einem zeitlichen und kulturellen Bias unterworfenen Datenbasis dar [3], welche für eine 3D-Modellierung zunächst erschlossen werden muss. Nicht zuletzt liegt darin eine häufig interdisziplinäre Zusammenarbeit in historischen 3D-Projekten begründet. Während es zum Forschungsfeld sowohl von technischer als auch inhaltlich-methodischer Seite inzwischen einige Untersuchungen gibt, steht ein umfassender Blick auf die mit der Erstellung verbundenen Interaktionsprozesse noch aus. Die vorliegende Betrachtung versteht sich als Voruntersuchung zu einer umfassenderen Studie zu Interaktionsprozessen bei der Erstellung von 3D-CAD-Modellen historischer Sachverhalte. Ziel dieser Betrachtung stellt die Verortung der Entstehungs- und Verwendungskontexte von 3D-CAD-Modellen in den Geschichtswissenschaften dar. Im Blickpunkt einer solchen Auslotung stehen dabei Fragen nach formalen Organisationsformen, interdisziplinärer Kooperation sowie Vorgehensmodellen im Erstellungsprozess ebenso wie anvisierte Nutzer- und Zielgruppen. Vor dem Hintergrund des noch jungen Anwendungsgebietes sollen nicht zuletzt aktuelle Trends und Kontroversen identifiziert und skizziert werden. Untersuchungsbasis bilden publizierte Projektberichte und –darstellungen geschichtswissenschaftlicher Projekte zur Erstellung von 3D-Modellen mittels 3D-CAD Techniken. Ein Modell stellt dabei eine zweckmäßig und subjektiv vereinfachte [4], virtuelle Rekonstruktion eines Originals dar. Zu unterscheiden ist dabei zwischen diesem digitalen 3D-Modell und dessen Darstellung bzw. Visualisierung im Sinne eines Modellabbildes [5].

¹ Die Geschichtswissenschaften als Inhaltsgeber umfassen im gewählten Kontext nicht nur die klassischen historischen Fachdisziplinen aus dem Bereich der Geisteswissenschaften sondern beispielsweise auch die Archäologie als kulturwissenschaftlichen Zugang.

1.1 Forschungsstand

CAD-Modelle stellen nicht nur in den Geschichtswissenschaften ein relativ junges, interdisziplinäres Betätigungsfeld dar. Entsprechend breit gefächert und heterogen präsentieren sich Einsatzszenarien und Akteure. Disziplinär gehen insbesondere von Archäologie und Kunstgeschichte starke Impulse aus, was nicht zuletzt eine ganze Reihe von etablierten Konferenzen und Workshops in diesen Disziplinen belegt (*VAST*, *3DARCH*, *CAA*). Auch wenn ein Initial zur Verwendung von 3D-CAD-Techniken nach Favro [2] weniger von einem Bedarf der Geschichtswissenschaften als von einem vorhandenen Angebot ausging, konnten sich die „Digital Humanities“, zu welchen auch die historische CAD-Modellierung gehört, inzwischen beispielsweise in den USA und Großbritannien als Teil der Geistes- und Kulturwissenschaften etablieren. Häufig findet Computergrafik in den Geschichtswissenschaften im Zusammenhang mit einer Popularisierung geschichtswissenschaftlicher Forschungsergebnisse Verwendung [6]. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem Medium Fernsehen und der Verwendung von 3D-Animation zur Illustration in Dokumentarfilmen zu geschichtlichen Sachverhalten zu [7]. Neben der Popularisierung von Wissen finden Gebäudemodelle auch in der klassischen Geschichtsdidaktik Verwendung [8]. Hinsichtlich seiner Funktion wurde das virtuelle Modell bis in die 1990er Jahre weitgehend als digitales Pendant zum physischen Modell und dessen Einsatz in der schulischen und universitären Ausbildung gesehen und verwendet [9]. Erst in den 2000er Jahren erfolgte eine Neubewertung einerseits im Sinne eines „Turns“ zum Forschungswerkzeug [2] sowie Dokumentationsinstrument [10], andererseits hinsichtlich einer Popularisierung durch Augmented Reality, virtuellen Tourismus und Computerspiele [11].

Zur dreidimensionalen Rekonstruktion historischer Architektur bieten sich neben der CAD-Modellierung eine ganze Reihe weiterer Technologien an [12]. Beispielhaft sei hier auf Techniken der Fotogrammetrie, wie beispielsweise Lasereinsmessung oder Luftbilderkennung verwiesen. Die genannten Techniken eignen sich allein jedoch nur zur digitalen Bestandserfassung und nicht zur Rekonstruktion [13]. Die technisch-manuellen Abläufe zur Erstellung von 3D-CAD-Modellen und -visualisierung sind seit über einem Jahrzehnt in den Grundzügen ähnlich [14]. Allerdings haben sich sowohl Qualitäten als auch Werkzeuge deutlich verändert, was nicht zuletzt am Bedeutungszuwachs internetbasierter Techniken deutlich wird [15]. Projektübergreifende und generalisierende Untersuchungen zu Projektablaufen und inhaltlichen Qualitäten gibt es beispielsweise zu kunsthistorischer Visualisierungen [16] sowie für die Archäologie [17], analog zu den technischen Prozeduren und Abläufen der Modell- bzw. Visualisierungserstellung [18]. Anders als in den Geowissenschaften [19] stehen empirisch-sozialwissenschaftliche Untersuchungen zu Wissenstransferprozessen jedoch noch aus.

1.2 Untersuchungsmethodik

Transferprozesse in 3D-CAD-Modellen historischer Entitäten stellen ein vielschichtiges Phänomen dar, welches sich an der Schnittstelle einer ganzen Reihe disziplinärer Perspektiven befindet. Aufgrund der damit verbundenen Komplexität des Forschungsgegenstandes und der angestrebten Untersuchung über disziplinäre Grenzen hinweg bieten sich die Sozialwissenschaften als methodischer Zugang an [20]. Inhaltlich findet eine Betrachtung dabei aus der Perspektive der Interaktion statt, welche neben einer Interaktion von Individuen im gewählten Gebiet auch die Interaktion von Mensch und Maschine einschließt. Eine ausführliche methodische Diskussion wurde dabei im Zusammenhang mit der Untersuchung von 3D-Visualisierung in den Geowissenschaften [19] geführt. In der vorliegenden Betrachtung wurde zur Strukturierung des Materials und zur Identifikation von Themenschwerpunkten ein Kategorienschema mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse induktiv aus dem Material entwickelt [21].

2 Untersuchungsergebnisse

Eine Identifikation von Entstehungs- und Verwendungskontexten sowie aktuellen Diskursschwerpunkten erfolgt anhand von Publikationen zu geschichtswissenschaftlichen 3D-CAD-Projekten. Die der Untersuchung zu Grunde liegenden 24 Publikationen stammen aus den Jahren 1999 bis 2010. Die Autoren sind von ihren fachlichen Hintergründen her zumeist Kunsthistoriker, Archäologen, Informatiker sowie Architekten, in einem Fall wurden die Geowissenschaften genannt.

2.1 Projekte

Im Untersuchungssample wird auf insgesamt 26 Projekte verwiesen, wobei gleiche Projekte mitunter von unterschiedlichen Publikationen aufgegriffen wurden. Die in den Publikationen genannten Projekte wurden vor allem in den USA, Deutschland sowie Großbritannien realisiert. Die vorgestellten Projekte entstammten alle dem akademischen Kontext. Dies überrascht vor dem Hintergrund, dass inzwischen eine ganze Reihe von spezialisierten Dienstleistungsunternehmen eine Realisierung von Auftragsarbeiten für Museen, Fernsehen aber auch Computerspiele anbietet. Für etwa die Hälfte der Publikationen wurden die Bearbeitungszeiträume genannt. Diese lagen zwischen 1989 bis 2010, wobei es sich häufig um mehrjährige Projekte handelte. Mit zwei Ausnahmen beinhalteten die Projekte dabei die Rekonstruktion von Sakralbauten, Herrschaftsbauten oder Stadtmodellen. Dargestellte Epochen sind vor allem Antike und Mittelalter, in nur vier Projekten wurden neuzeitliche Bauzustand rekonstruiert. Die inhaltsgebenden Disziplinen waren in der Mehrheit der Fälle Archäologie und Kunstgeschichte.

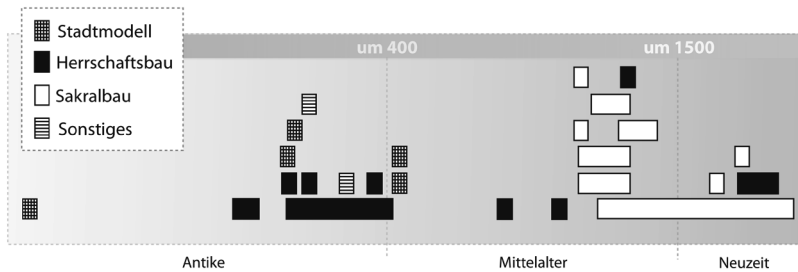


Abb. 1 - Zeitstrahl: Projektinhalte und dargestellte Zeiten

2.2 Interdisziplinarität

Eine Bearbeitung der Projekte erfolgte bis auf wenige Ausnahmen in interdisziplinären Arbeitsteams, welche hinsichtlich einer Rollenzuweisung zwischen Wissenschaftler und 3D-Modellierer unterscheiden. Die erste Rolle wird zumeist von Archäologen oder Kunsthistorikern ausgefüllt, die zweite üblicherweise primär Architekten, Informatiker sowie in Einzelfällen auch Geografen aus. Neben einer solchen funktionalen Trennung bildeten sich bei einigen größeren Projekten auch vertikale Hierarchien aus [1].

Aufgrund des Experteninterviews sowie einer teilnehmenden Beobachtung an einem Visualisierungsprojekt war eine breite Thematisierung von Aspekten des interdisziplinären Produktionsprozesses erwartet worden. Nicht zuletzt stellt die Frage nach diesbezüglichen technologischen sowie methodischen Leitlinien [22] einen der aktuellen methodischen Forschungsschwerpunkte des Fachgebietes dar. Umso mehr überrascht die – gemessen an den Aussagen – scheinbar geringe Bedeutung dieses Aspektes in den untersuchten Publikationen. Nur zu vier Projekten werden in den untersuchten Publikationen Aussagen zu angestrebten Zielqualitäten und Abläufen der Modellerstellung getroffen. So wird in einem Projektbericht darauf verwiesen, dass für die Bearbeitung gleichermaßen größtmögliche Genauigkeit wie auch transparente Prozessabläufe angestrebt werden [23]. Für zwei andere Projekte wurde die Erreichung eines einheitlichen Abstraktionslevels beabsichtigt, wobei eine Ausnahme für charakteristische Elemente galt, deren Vereinfachung das Modell „entstellen“ würde [24, 25]. Als Modus operandi der Zusammenarbeit wurde in einem der Projekte ein wissenschaftliches Komitee eingesetzt, welches aus den Projektmitarbeitern sowie externen inhaltlichen Beratern bestand, in einem weiteren Fall wird auf die diskursive Entstehung und Prüfung von Modellen verwiesen [26]. Bemerkenswert erscheint der an einer Stelle auftauchende Verweis auf den starken subjektiven Einfluss des Modellierers auf das Modell im Rahmen einer CAD-

Bearbeitung [27]. Nicht zuletzt aus diesem Grund verfolgen einige Projekte Ansätze zur begleitenden Ausbildung bzw. Schulung der (studentischen) Modellierer in architektur- bzw. kunsthistorischer Methodik [1].

2.3 Produktion

Mit Blick auf ein geführtes Experteninterview wurde ein Darstellungsfokus in Abhängigkeit von der Rolle im Team vermutet. Beschreibungen technischer Aspekte wie der Datenbasis, des Modellierungsprozesses oder der verwendeten Software fanden sich sowohl in den Darstellungen der „Wissenschaftler“ als auch der „3D-Operateure“, wobei derartige Angaben generell eher spärlich im Material enthalten waren. Darstellungen zur Datenbasis greifen dabei zwei Aspekte auf. So wird auf eine Basis im Sinne einer der historischen Bearbeitung zu Grunde liegenden Quellen verwiesen, welche zwischen Bauresten, Text- und Sachquellen eine breite Palette möglicher Formen umfassen kann. Diese Quellen gehen zumeist in aufbereiteter Form oder zur Lösung von Detailfragen in das Modell ein. Als Datenbasis einer Modellierung werden in Grund- und Aufrisse, Fotografien sowie dreidimensionale Messdaten aus Fernerkundungsverfahren aufgeführt. Ferner wird auf die Bedeutung von Architektursystemen und Analogieschlüssen anhand ähnlicher Bauten zur Interpolation von Lücken im Quellenmaterial verwiesen. Da dieser Prozess zumeist diffus beschrieben wird, sei auf Ansätze einer Formalisierung und Sequenzierung verwiesen [11]. Zudem gibt es Versuche, komplette Architektursysteme zu entschlüsseln und in Software zu überführen, um eine parametrische Konstruktion zu ermöglichen [24]. Der manuelle Modellierungsprozess umfasst in Abfolge die Schritte der Geometrieerstellung, einer darauf folgenden Texturierung, d.h. der Zuweisung einer Oberflächenoptik, sowie je nach gewählter Darstellung eine Ausleuchtung. Ein mit Blick auf die Geometrieerstellung häufig betonter Aspekt ist der einer angestrebten, einfachen nachträglichen Änderbarkeit des Modells. Häufig thematisiert wird dabei auch die Frage nach Objektbibliotheken. Während die Verwendung innerhalb eines Projektes inzwischen Usus ist, wird eine Bereitstellung und Veröffentlichung projektübergreifender Elementbibliotheken aktuell diskutiert [28].

2.4 Funktion

In den Publikationen nimmt eine Diskussion von Verwendungskontexten des digitalen Modells breiten Raum ein. In den meisten Fällen werden mehrere Funktionen wahrgenommen. Bemerkenswert scheint, dass einige der Projekte zunächst ohne definiertes Verwendungsziel gestartet wurden [26].

1. Visualisierung

Hinsichtlich ihrer Aufgabe werden 3D-Modelle in vielen Publikationen als Substitut zu klassischen, analogen Modellierungsverfahren betrachtet. Häufig werden dabei Visualisierungsaufgaben wie die Darstellung von Blickbeziehungen sowie Raumeindrücken thematisiert. Eine Hauptaufgabe der Visualisierung wie auch der Simulation liegt dabei in der Vermittlung und Veranschaulichung von Inhalten. Als Zielgruppe werden in einer Mehrzahl der Publikationen Studierende der jeweiligen Fachdisziplin genannt, in einigen Projekten darüber hinaus jedoch ein weites Publikum angesprochen.

2. Simulation

In Erweiterung der statischen Visualisierung ermöglicht das digitale 3D-Modell eine Integration dynamischer Elemente. Dies kann zum einen die Hinterlegung und Darstellung zeitlicher Entwicklungen oder animierter Inhalte im Modell, zum anderen aber auch eine interaktive Steuerung durch den Betrachter umfassen.

3. Forschung

Hinsichtlich eines Forschungsbeitrags der 3D-Modellierung wird in vielen Publikationen betont, dass im Laufe einer CAD-Modellierung eine intensive Auseinandersetzung mit Quellen und Theorien stattfindet, in welchem die Zusammenführung von Quellinformationen, Analogieschlüsse sowie Modelllogik zur Wissensgenese sowie zur Verifikation bzw. Falsifikation existierender Theorien [29] führen. Nicht zuletzt wird in diesem Zusammenhang auf die einfache Korrigierbarkeit sowie die Möglichkeit zur Integration und Prüfung von Gestaltungsalternativen für einen wissenschaftlichen Diskurs verwiesen.

4. Dokumentationssystem

In einigen Fällen werden 3D-Modelle als Teil eines Informationsspeichers angesehen. Dabei dient das 3D-Modell zum einen als dreidimensionaler Lageplan zur Strukturierung und räumlichen Verankerung von weiteren Informationen und Quellen wie bspw. Grabungsbefunden [30]. Nutzung und Einsatz eines solchen Systems erfolgen neben dem wissenschaftlichen Umfeld vor allem im Rahmen des *Digital Heritage Managements* [31]. In einer weiteren Funktion dient das 3D-Modell der Archivierung eines aktuellen Zustandes. Dies steht häufig in Verbindung mit 3D-Erfassungstechniken wie Laserscans, welche im Gegensatz zur CAD-Modellierung hoch korrespondierend mit dem Original sind [27].

2.5 Gestaltung

Häufig wird in den untersuchten Publikationen eine Gestaltung der Visualisierung thematisiert. Determinanten stellen dabei Arbeitsaufwand, Datenlage und angestrebte Verwendung [32], aber auch Darstellungsform wie bspw. interaktive Webapplikationen [33] dar. Die Optik einer grafischen Ausgabe wird dabei hinsichtlich der anvisierten Zielgruppe unterschieden. Häufig und kontrovers wird aktuell die Frage thematisiert,

welche Optik eine geschichtswissenschaftliche 3D-Visualisierung aufweisen sollte. Mit Blick auf die Zielgruppe wird für den wissenschaftlichen Diskurs tendenziell eine schematische Darstellung empfohlen, während für eine Popularisierung ein hoher Grad an Realismus geboten erscheint, wobei insbesondere der Umgang mit wissenschaftlichen Unschärfen in der Modelldarstellung debattiert wird.

2.6 Datenqualität

Zentrale Bedeutung wird von vielen Publikationsautoren der Kenntlichmachung und Abgrenzung der zu Grunde liegenden Quellinformationen und deren Qualitäten beigemessen. Insbesondere im Bereich der Stadtmodellierung wird auf den geringen Anteil sicheren Wissens im Modell verwiesen [26]. Nicht zuletzt aus diesem Grund werden die Sichtbarmachung der dem Modell zu Grunde liegenden Quellinformationen und Entscheidungsprozesse als auch deren Visualisierung häufig thematisiert. Ansätze zur wissenschaftlichen Anschlussfähigkeit bieten sich sowohl hinsichtlich einer geeigneten Kennzeichnung von Quelldaten als auch der Kompatibilität der Modelldaten. Zur Hinterlegung von Informationen im Modell werden Metadaten in einer Vielzahl der beschriebenen Projekte thematisiert und eingesetzt. Art und Umfang dieser Daten präsentieren sich wenig standardisiert, wenngleich eine ganze Reihe von Forschungsarbeiten generische Ansätze zu Erstellung [11], Integration [34] und Struktur [35] präsentieren. Eine Kompatibilität der entstandenen Modelle und deren Öffnung für den wissenschaftlichen Diskurs werden sowohl im Rahmen der Leitlinienentwicklung [36] als auch in vielen der betrachteten Publikationen als wesentlich dargestellt. Gleichsam wird nur für ein Projekt ein derartiger Diskurs dokumentiert [27]. Möglichkeiten zur Einbindung von Quellinformationen bzw. Metadaten in die Visualisierung werden für eine Reihe interaktiver oder dynamischer Visualisierungen thematisiert, wobei eine Diskussion insbesondere zur gestalterischen Einbindung ohne störenden Einfluss auf eine 3D-Darstellung geführt wird [37]. Einen ähnlichen Aspekt greift eine aktuelle Kontroverse über Notwendigkeit und Möglichkeiten zur Darstellung unterschiedlicher Gütegrade der Quellinformationen in der Visualisierung auf. Dabei prallen die Forderung nach einem kohärenten Gesamtbild und die ausschließliche Darstellung von sicherem oder wahrscheinlichem Wissen aufeinander.

3 Resümee

3D-CAD-Modelle haben sich mittlerweile vor allem in der Altertumsforschung zur Rekonstruktion historischer Großbauten und Stadtlandschaften etabliert. Eine Erstellung erfolgt fast immer durch ein interdisziplinäres Zusammenspiel von Forschern und 3D-Modellierern. Während sich Arbeitsabfolgen weitgehend ähneln, unterscheiden sich Umfang und Qualitäten der Projekte sehr deutlich. Im Mittelpunkt eines aktuellen Diskurses steht die Frage nach einem Einsatz des Modells ebenso

wie nach wissenschaftlicher Transparenz und Kompatibilität über das Einzelprojekt hinaus. Diskutiert werden dabei die Dokumentation der zu Grunde liegenden Quellen sowie die Integration von Daten, Qualitäten und Darstellungsmodalitäten. Nicht zuletzt steht dies in enger Verbindung zur Ausdifferenzierung unterschiedlicher Funktionen und Zielgruppen. Nicht zuletzt offenbart diese Betrachtung auch weiße Flecken auf der Forschungslandkarte. So bleiben Prozesse und Modalitäten der Zusammenarbeit im Projekt ebenso wie die Praxisanwendung der inzwischen elaborierten Leitlinien und Methoden zumeist unbeleuchtet. Ebenso fehlt ein Vergleich beispielsweise zu kommerziellen Projekten.

Literatur

- [1] Koob, M., Visualizing What Has Been Destroyed, in: M. Grellert (Hrsg.), *Synagogues in Germany : a virtual reconstruction*, Basel 2004, S. 30.
- [2] Favro, D., In the eyes of the beholder: Virtual Reality re-creations and academia, in: L. Haselberger et al. (Hrsg.), *Imaging ancient Rome*, Portsmouth 2006, S. 321-334.
- [3] Opgenoorth, E., *Einführung in das Studium der neueren Geschichte*, Paderborn 1997.
- [4] Stachowiak, H., *Allgemeine Modelltheorie*, Wien 1973.
- [5] Deelmann, T. und P. Loos, Grundsätze ordnungsmäßiger Modellvisualisierung, *Proceedings zur Tagung: Modellierung 2004*, 23.-26. März 2004, Marburg 2004.
- [6] Greengrass, M. und L.M. Hughes, *The virtual representation of the past*, Digital research in the arts and humanities, Burlington 2008.
- [7] Clack, T. und M. Brittain, *Archaeology and the media*, Walnut Creek 2007.
- [8] El Darwich, R., Modelle, in: H.-J. Pandel (Hrsg.), *Handbuch Medien im Geschichtsunterricht*, Schwalbach 2005, S. 580-591.
- [9] Novitski, G.J., *Rendering real and imagined buildings*, Gloucester 1998.
- [10] Styliadis, A.D., *Digital documentation of monuments and sites with 3D geometry and qualitative information*, PhD Thesis, Thessaloniki 1997.
- [11] Styliadis, A.D. et al., Metadata-based heritage sites modeling with e-learning functionality, *Journal of Cultural Heritage*, 2008, 10(2), S. 296-312.
- [12] Pavlidis, G. et al., Methods for 3D digitization of Cultural Heritage, *Journal of Cultural Heritage*, 2007, 8, S. 93-98.
- [13] Stojakovic, V. und B. Tepavcevic, Optimal methods for 3d modeling of devastated architectural objects, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), *3D-ARCH 2009*, Zürich 2009.
- [14] Begand, C., *Virtuelle 3D-Rekonstruktionen historischer Gebäude*, Hamburg 2004.

-
- [15] Erving, A. et al., Data integration from different sources to create 3D virtual model, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.
 - [16] Zolper, S., Ist 3D-Visualisierung in der Kunstgeschichte ein Erkenntnisinstrument?, Universität Köln 2009 (Unveröffentlicht).
 - [17] Frischer, B. und A. Dakouri-Hild, Beyond illustration: 2D and 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology, Oxford 2008.
 - [18] Schumann, H. und W. Müller, Visualisierung, Berlin 2000.
 - [19] Wissen, U., Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung: Optimierung von 3D-Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung, Zürich 2009.
 - [20] Bortz, J. und N. Döring, Forschungsmethoden und Evaluation, 4. Auflage, Heidelberg 2009.
 - [21] Mayring, P., Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken, 10. Auflage, Weinheim 2008.
 - [22] Beacham, R., et al., An Introduction to the London Charter, The evolution of Information Communication and Technology in Cultural Heritage (Archaeolingua), 2006, S. 263-269.
 - [23] Packer, J. E., Digitizing Roman Imperial architecture in the early 21st century: purposes, data, failures, and prospects, in: L. Haselberger et al. (Hrsg.), Imaging ancient Rome, Portsmouth, 2006, S. 309-320.
 - [24] Chevrier, C. et al., A method for the 3D modelling of historic monuments: the case of a Gothic abbey church, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), 3D-ARCH 2009, Zürich 2009.
 - [25] Lengyel, D., 3D-Modelle als Visualisierung unscharfen archäologischen Wissens. Methoden zur Veranschaulichung anhand des Burgbergs von Pergamon, Vortrag zum Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte am 14.11.2010, Köln.
 - [26] Heinzlmann, M., Vom Befund zur Rekonstruktion - und zurück. Zur diskursiven Konkretisierung archäologischen Wissens in virtuellen Modellen: das Beispiel 'Colonia3D', Vortrag zum Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte am 14.11.2010, Köln.
 - [27] Guidi, G. et al., Rome Reborn - Virtualizing the ancient imperial Rome, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), 3D-ARCH 2007, Zürich 2007.
 - [28] Förtsch, R., 3D-Technologien in der Praxis der Altertumswissenschaften. Denk- und Anwendungsmuster, Vortrag zum Workshop: 3D-Rekonstruktionen als Visualisierung wissenschaftlicher Ergebnisse in Archäologie und Architekturgeschichte am 14.11.2010, Köln.

- [29] Potier, S. et al., Computer graphics: assistance for archaeological hypotheses, *Automation in Construction*, 2000, 9, S. 117–128.
- [30] Wulf, U. und A. Riedel, Investigating buildings three-dimensionally: the ‘Domus Severiana’ on the Palatine, in: L. Haselberger et al. (Hrsg.), *Imaging ancient Rome*, Portsmouth, 2006, S. 221-233.
- [31] Fregonese, L. und L. Taffurelli, 3D model for the documentation of Cultural Heritage: the wooden domes of St.Mark’s Basilica in Venice, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), *3D-ARCH 2009*, Zürich 2009.
- [32] Koutsoudis, A. et al., On 3D reconstruction of the old city of Xanthi. A minimum budget approach to virtual touring based on photogrammetry, *Journal of Cultural Heritage*, 2007, 8, S. 26–31.
- [33] Dell’Unto, N., et al., The reconstruction of the archaeological landscape through virtual reality applications: a discussion about methodology in *3D-ARCH 2007*, F. Remondino and S. El-Hakim, Editors, 2007, Zürich.
- [34] Baldissini, S. et al., An information system for the integration, management and visualization of 3D reality based archaeological models from different operators, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), *3D-ARCH 2009*, Zürich 2009.
- [35] Ogleby, C., The ‘Truthlikeness’ of virtual reality reconstructions of architectural heritage: Concepts and metadata, in: F. Remondino et al. (Hrsg.), *3D-ARCH 2007*, Zürich 2007.
- [36] Fernie, K. et al., *Technical Guidelines for Digital Cultural Content Creation Programmes*, 2008.
- [37] Hoppe, S. und T. Scheer, *Der Altenberger Dom im Computer*, *Kunstchronik*, 1999, 52, S. 544-547.